

**Studi Pengaruh Variasi Kadar Air Terhadap *Immediate Settlement*
Fondasi Dangkal dengan Model Fondasi Telapak Persegi
(Studi Kasus Desa Kalikayen, Kecamatan Ungaran Timur, Kabupaten Semarang)
(*Study of the Effect of Variations in Water Content on the Immediate
Settlement of Shallow Foundations
with the Square Foot Foundation Model*)**

**Ramon Yanuar Wibisono¹; Kevin Anggoro Putro¹;
Budi Setiadi²; Yohanes Yuli Mulyanto²**
email: yanuaramon15@gmail.com; kevinanggoro70@gmail.com

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata
Jl. Pawiyatan Luhur IV/1 Bendan Dhuwur Semarang 50234

²Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata
Jl. Pawiyatan Luhur IV/1 Bendan Dhuwur Semarang 50234

Abstrak

Desa Kalikayen merupakan salah satu desa yang terletak di Kecamatan Ungaran Timur Kabupaten Semarang Provinsi Jawa Tengah. Desa kalikayen memiliki penduduk dengan jumlah 1306 kepala keluarga. Desa kalikayen terdapat kurang lebih 300 rumah tinggal sederhana, atau sekitar 23 persen rumah yang mengalami kerusakan yang diakibatkan oleh karakteristik tanah di desa tersebut. Kegagalan dan kerusakan pada suatu konstruksi dapat dipengaruhi oleh berbagai macam faktor. Sumber kegagalan dalam konstruksi seringkali dipengaruhi oleh faktor alam dan perilaku manusia. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah menguji karakteristik tanah yang terdapat di Desa Kalikayen, dan mengukur penurunan fondasi dangkal pelat setempat akibat memiliki kadar air tanah berbeda. Pengujian yang dilakukan berupa uji analisis saringan dan hidrometer, uji indeks *properties*, uji *atterberg limit*, uji analisis *sandcone*, uji *proctor standard*, uji *direct shear*, dan uji *dynamic cone penetrometer*. Pengujian analisis prosentase butiran tanah dengan uji saringan dan hidrometer pada tanah di Desa Kalikayen digolongkan tanah yang bergradasi buruk dengan didominasi dengan jenis tanah berlanau (*silt*). Pengujian *Atterberg Limit*, berdasarkan USCS, hasil pengujian klasifikasi dan karakteristik tanah di Desa Kalikayen digolongkan dalam klasifikasi MH yaitu lanau tak organik dengan potensi plastisitas pengembangannya yang rendah. Pengujian kuat geser tanah di Desa Kalikayen memiliki tekstur lembut dan karakteristiknya dapat dibentuk oleh tekanan jari yang ringan dan tergolong dalam tanah lempung padat. Pengujian DCP mendapatkan hasil jenis tanah dengan tingkat kepadatan yang buruk (*poor*). Penurunan terjadi tiap penambahan kadar air, dalam penurunan tanahnya tidak terjadi pengembangan tanah dan penurunan yang terjadi dalam skala model termasuk penurunan yang sangat besar

Kata Kunci: Tanah Ekspansif, Karakteristik Tanah, Daya Dukung Tanah, Kadar Air, Desa Kalikayen

Abstract

Kalikayen Village is one of the villages located in East Ungaran District, Semarang Regency, Central Java Province. Kalikayen village has a population of 1306 households. Kalikayen village has approximately 300 simple houses, or about 23 percent of the houses that were damaged due to the characteristics of the soil in the village. Failure and damage to a construction can be influenced by various factors. Sources of failure in construction are often influenced by natural factors and human behavior. The purpose of this research is to examine the characteristics of the soil found in Kalikayen Village, and to measure the subsidence of local shallow slab

foundations due to different soil moisture content. Tests carried out in the form of sieve analysis and hydrometer test, index properties test, Atterberg limit test, sandcone analysis test, standard proctor test, direct shear test, and dynamic cone penetrometer test. The analysis of the percentage of soil grain analysis using a sieve and hydrometer test on the soil in Kalikayen Village is classified as a poorly graded soil dominated by silt soil. Atterberg Limit test, based on USCS, the results of the classification and soil characteristics test in Kalikayen Village are classified in the MH classification, namely inorganic silt with low developmental plasticity potential. The soil shear strength test in Kalikayen Village has a soft texture and its characteristics can be formed by light finger pressure and is classified as a dense clay soil. The DCP test results in a soil type with a poor density level (poor). The decrease occurs with each addition of water content, in the subsidence of the soil there is no soil development and the decrease that occurs in the model scale includes a very large decrease

Keywords: Expansive Soil, Soil Characteristics, Soil Carrying Capacity, Water Content, Kalikayen Village

PENDAHULUAN

Negara Indonesia memiliki letak geografis yang diapit oleh dua samudra yaitu Samudra Hindia dan Samudra Pasifik. Selain itu Negara Indonesia merupakan negara yang dilalui oleh garis khatulistiwa. Negara Indonesia merupakan negara tropis yang memiliki dua musim yaitu musim hujan dan musim kemarau. Selain dua musim utama tersebut masyarakat Indonesia mengenal musim pancaroba yang digunakan untuk menyebut masa peralihan dari musim hujan ke musim kemarau dan sebaliknya.

Tanah merupakan bagian dasar yang penting dalam suatu pembangunan konstruksi. Negara Indonesia memiliki jenis tanah yang berbeda di setiap daerah salah satunya adalah tanah liat atau tanah lempung. Perubahan musim yang terjadi tentunya menyebabkan perubahan struktur tanah, terutama pada tanah lempung. Pada musim kemarau, tanah lempung akan mengeras dan menjadi kuat sehingga mampu menahan beban tertentu di atasnya namun tanah lempung akan muncul retak susut. Sedangkan pada saat musim hujan tanah lempung akan mengembang, semakin banyak air yang masuk ke dalam tanah maka tanah akan tidak mampu memikul beban yang berada di atasnya karena tanah lempung memiliki kuat geser yang rendah.

Kegagalan dan kerusakan pada konstruksi dapat dipengaruhi oleh macam macam keadaan. Seringkali beberapa faktor dari kegagalan konstruksi itu sendiri merupakan akibat dari akumulasi berbagai

hal. Sumber kegagalan konstruksi seringkali dipengaruhi oleh faktor alam dan perilaku manusia (Pranoto,1997). Sifat kembang susut bisa menimbulkan kerusakan pada bangunan (Hardiyatmo, 2006). Kurangnya pengetahuan masyarakat yang tinggal di suatu daerah yang memiliki karakteristik tanah lempung mengembang (ekspansif) dan menyebabkan masyarakat tidak melakukan suatu tindakan untuk memperbaiki struktur tanah tersebut.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- Menguji karakteristik tanah di Desa Kalikayen
- Mengukur penurunan Fondasi dangkal pelat setempat akibat beban yang memiliki variasi kadar air tanah berbeda.

Batasan Penelitian

Berikut ini adalah ruang lingkup dan batasan masalah pada penelitian ini:

- Kalibrasi *proving ring* pada alat CBR laboratorium adalah 0,9,
- Suhu dalam ruangan diasumsikan sebagai suhu ruangan konstan (28°C),
- Penelitian dan pengambilan sampel tanah dari desa kalikayen, Kecamatan Ungaran Timur, Kabupaten Semarang,
- Penelitian dilakukan dengan membuat pemodelan fisik skala kecil di laboratorium dengan menggunakan boks kayu tanpa tutup berukuran 100 cm x 25 cm x 25 cm,

- e. Permodelan yang dilakukan adalah dengan menggunakan Fondasi bujur sangkar dengan ukuran pelat Fondasi 10×10 cm,
- f. Permodelan dilakukan menggunakan satu jenis tanah, dengan kondisi tanah dalam boks pelat hanya satu lapis tanah tiap pengujian,
- g. Permodelan Fondasi menggunakan skala perbandingan 1:10,
- h. Pengambilan tanah dilakukan pada musim kemarau,
- i. Penurunan model Fondasi dangkal dibatasi sampai sedalam 0,254 cm,
- j. Penelitian ini merupakan penelitian yang dilakukan dalam skala model laboratorium,
- k. Kegiatan penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah UNIKA.

TINJAUAN PUSTAKA

Tanah

Tanah merupakan salah satu bahan bangunan yang digunakan dalam pekerjaan dibidang teknik sipil, selain itu tanah berfungsi sebagai pendukung fondasi dari suatu konstruksi bangunan. Proses terbentuknya tanah dapat berupa proses secara fisik dan kimiawi. Pembentukan tanah secara fisik dapat mengubah batuan menjadi partikel-partikel yang lebih kecil. Sedangkan proses pembentukan tanah secara kimiawi terjadi karena faktor oksigen, karbondioksida, air dan proses kimia lainnya. Kerikil, pasir, dan lempung hasil dari pelapukan akan menjadi padat karena adanya tekanan lapisan tanah yang berada di atasnya

Potensi Pengembangan

Berdasarkan SNI 6424-2008 penggunaan cara uji potensi pengembangan atau penurunan satu dimensi tanah kohesif di laboratorium tanah ini dimaksudkan untuk memperoleh karakteristik dan parameter parameter pengembangan dari suatu contoh tanah yang digunakan dalam melakukan perhitungan dan analisis serta antisipasi penangan tanah ekspansif.

$$S = K(60)(PI)^{2,44} \text{ Keterangan:},$$

S = Potensi pengembangan (%)

IP = Indeks Plastisitas (%)

$$K = 3,6 \times 10^{-5}$$

Tabel 2.1. Klasifikasi Derajat Ekspansif Berdasarkan Indeks Plastisitas Tanah (IP)

Indeks Plastisitas %	Potensi Pengembangan
0 – 15	Rendah
15 – 35	Sedang
20 – 55	Tinggi
> 55	Sangat Tinggi

(Sumber: Chen, 1988)

Penggolongan kemampuan pengembangan tanah menurut Seed et al (1962) terbagi menjadi 4 kelompok.

Tabel 2.2. Klasifikasi Potensi Pengembangan Tanah

Derajat Ekspansif	Potensi Pengembangan, S (%)
Rendah	0 - 1,5
Sedang	1,5 – 5
Tinggi	5 – 25
Sangat Tinggi	> 25

(Sumber: Seed, dkk., 1962 dalam hardiyatmo, 2006)

Daya Dukung Tanah dan Penurunan Segera Fondasi

Daya dukung ultimit (*ultimit bearing capacity / q_u*) merupakan beban maksimum persatuan luas tanah masih dapat menopang beban di atasnya tanpa mengalami keruntuhan (Hardiyatmo, 1996). Bila q_u dinyatakan dalam persamaan:

$$q_u = \frac{P_u}{A}$$

Terzaghi memberikan pengaruh faktor bentuk fondasi terhadap daya dukung ultimit (q_u) berdasarkan pada analisis fondasi memanjang sehingga dapat dibedakan menjadi 3 macam persamaan yaitu:

- a. Fondasi bujur sangkar:

$$q_u = 1,3cN_c + p_oN_q + 0,4\gamma BN_\gamma$$

b. Fondasi lingkaran:

$$q_u = 1,3cN_c + p_oN_q + 0,3\gamma BN_\gamma$$

c. Fondasi empat persegi panjang:

$$q_u = cN_c(1 + 0,3B/L) + p_oN_q + 0,5\gamma BN_\gamma(1 - 0,2B/L)$$

Keterangan:

q_u = Daya dukung ultimit (kN/m²)

P_u = Beban ultimit (kN)

A = Luas fondasi (m²)

c = Kohesi tanah (kN/m²)

$p_o = D_f\gamma$ = Tekanan *overburden* pada dasar fondasi

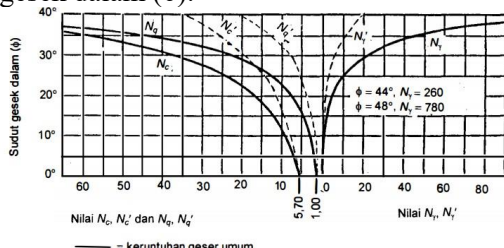
γ = Berat volume tanah, penggunaan dalam persamaan di atas harus mempertimbangkan kedudukan muka air tanah

D_f = Kedalaman fondasi (m)

B = Lebar fondasi (m)

L = Panjang fondasi (m)

Nilai-nilai N_γ , N_c , N_q dalam faktor daya dukung yang dikemukakan Terzaghi merupakan fungsi dari besarnya sudut gesek dalam (ϕ).



Gambar 2.1. Hubungan ϕ dan N_γ , N_c , N_q . (Sumber: Hardiyatmo, 1996).

Tabel 2.3. Nilai-Nilai Faktor Daya Dukung Terzaghi.

Φ	Keruntuhan geser umum			Keruntuhan geser lokal		
	N_c	N_q	N_γ	N_c'	N_q'	N_γ'
0	5,7	1	0	5,7	1	0
5	7,3	1,6	0,5	6,7	1,4	0,2
10	9,6	2,7	1,2	8	1,9	0,5
15	12,9	4,4	2,5	9,7	2,7	0,9
20	17,7	7,4	5	11,8	3,9	1,7

25	25,1	12,7	9,7	14,8	5,6	3,2
30	37,2	22,5	19,7	19	8,3	5,7
34	52,6	36,5	35	23,7	11,7	9
35	57,8	41,4	42,4	25,2	12,6	10,1
40	95,7	81,3	100,4	34,9	20,5	18,8
45	172,3	173,3	297,5	51,2	35,1	37,7
48	258,3	287,9	780,1	66,8	50,5	60,4
50	347,6	415,1	1153,2	81,3	65,6	87,1

(Sumber: Hardiyatmo, 1996)

Fondasi mengalami dua macam penurunan, yaitu penurunan segera (S_i) dan penurunan konsolidasi (S_c). Penurunan segera (S_i) terjadi setelah fondasi menerima beban sedangkan penurunan konsolidasi (S_c) yang terjadi akibat keluarnya sebagian kandungan air dari lapisan tanah.

Keterangan:

S_i = Penurunan segera (cm)

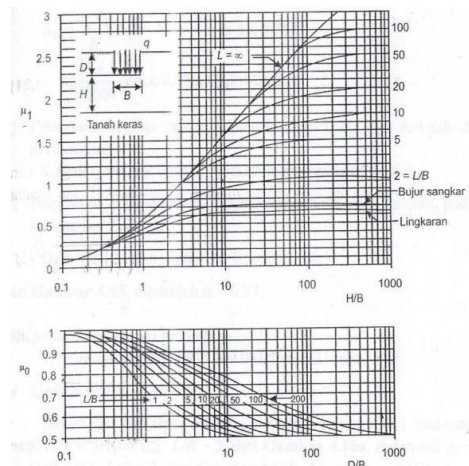
Σu = Tegangan terfaktor yang terjadi (kg/cm²)

B = Lebar fondasi telapak (cm)

E_u = Modulus deformasi tanah (ton/m²)

μ_i = Faktor koreksi untuk lapisan tanah dengan tebal terbatas H

μ_0 = Faktor koreksi untuk kedalaman fondasi D_f



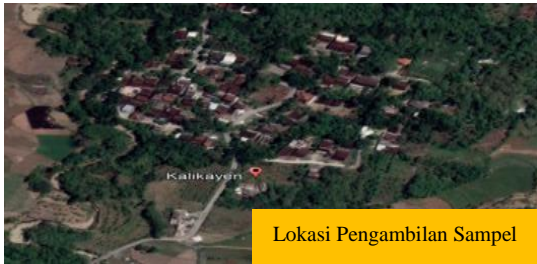
Gambar 2.2. Grafik hubungan μ_i , μ_0 , kedalaman fondasi (D_f), dan lebar fondasi (B).

(Sumber: Bjerrum, Janbu, dan Kjaernsli. 1995).

METODE

Lokasi Studi

Lokasi studi sekaligus sebagai lokasi pengambilan tanah untuk penelitian terletak di Desa Kalikayen, Kecamatan Ungaran Timur, Kabupaten Semarang, Provinsi Jawa Tengah. Lokasi pengambilan sampel tanah dapat diperlihatkan pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Lokasi Pengambilan Sampel Tanah

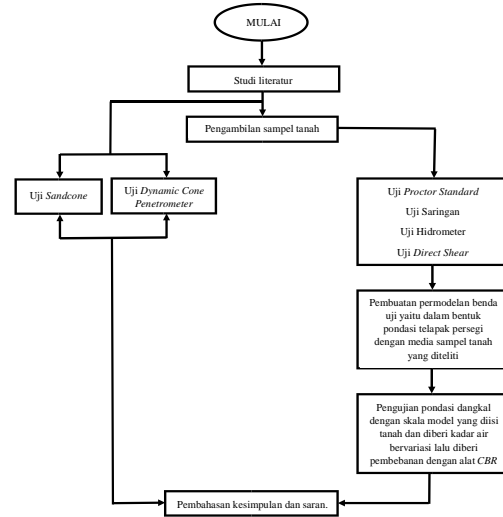
Pengumpulan Data

Pengumpulan data-data yang diperoleh dan sebagai penelitian ini meliputi:

1. Data primer, dimana data tersebut diperoleh secara langsung dari hasil penelitian di laboratorium.
2. Data sekunder, merupakan data yang diperoleh melalui studi literatur dan pengumpulan jurnal-jurnal sebagai pendukung dari data primer.

Diagram Alir Penelitian

Penelitian dilakukan melalui beberapa tahap. Mulai dari proses pengumpulan data, pengolahan data hingga didapatkannya hasil (*output*) penelitian. Untuk mempermudah penulisan penelitian, disusun diagram alir yang memperlihatkan tahapan yang dilalui dalam penelitian. Pada Gambar 3.2 diperlihatkan diagram alir penelitian secara umum

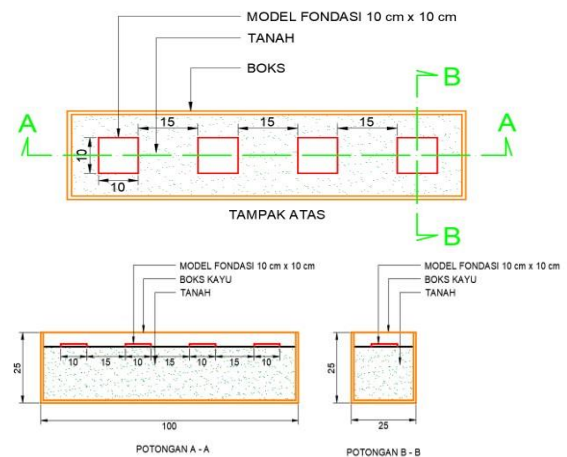


Gambar 3.2 Diagram alir penelitian

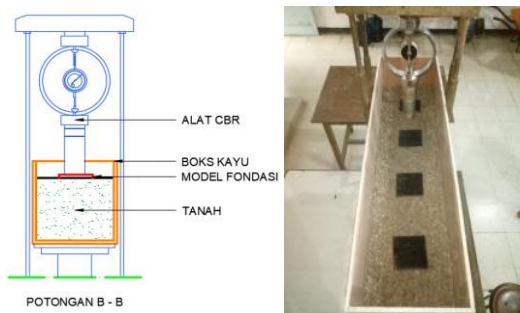
Permodelan Benda Uji

Permodelan fondasi dangkal dengan media tanah yang telah diteliti. Wadah yang digunakan memakai kubus yang terbuat dari kayu dengan ukuran 100 cm × 25 cm × 25 cm dengan tebal 0,5 cm, sedangkan sebagai media fondasinya menggunakan pelat berukuran 10 cm × 10 cm.

Permodelan boks wadah dan fondasi, dan ilustrasi pengujian dapat diperlihatkan pada Gambar 3.3 dan Gambar 3.4.



Gambar 3.3 Permodelan Box Wadah dan Fondasi



Gambar 3.4 Ilustrasi Pengujian di Laboratorium

HASIL PENELITIAN

Berikut ini adalah hasil pengujian klasifikasi tanah di Desa Kalikayen.

Uji Analisis Saringan dan idrometer

Setelah melakukan pengujian analisis saringan dan analisis hidrometer sampel tanah pada Desa Kalikayen memperoleh nilai C_u sebesar 36,552 > dari 4 untuk kerikil dan > dari 6 untuk pasir. Nilai C_c didapat sebesar 0,733. Sementara itu nilai C_c yang didapat kurang dari nilai 1. Nilai C_u yang didapat memenuhi syarat akan tetapi nilai C_c tidak masuk kriteria sehingga uji analisis saringan tanah asli di desa Kalikayen didapatkan tanah tersebut didominasi tanah jenis Silt sebesar 31%, sehingga tanah tersebut termasuk tanah dengan gradasi yang buruk. Hasil uji analisis saringan dan uji analisis hidrometer seperti pada tabel berikut ini.

Tabel 4.1 Prosentase Analisis Butiran Tanah Desa Kalikayen

Prosentase gravel (%)	0
Prosentase coarse to medium sand (%)	2
Prosentase fine sand (%)	60
Prosentase silt – clay (%)	31
D10 (mm)	0,00163
D30 (mm)	0,00844
D60 (mm)	0,05958
$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$	36,552
$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}}$	0,733

Uji Indeks Properties

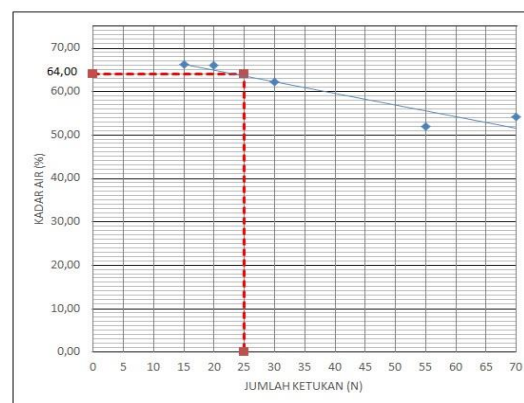
Tanah dari Desa Kalikayen memiliki kadar air sebesar 37,80% dengan nilai G_s sebesar 2,31.

Tabel 4.2 Tabel Uji Indeks Properties Tanah desa Kalikayen

Picnometer	1	2	3
Berat Tanah Kering (gr)	15,00	15,00	15,00
Berat pic Kosong (gr)	39,90	36,60	40,00
Berat pic + Aquades (gr)	139,20	137,80	140,00
Temperatur, T1 (°)	28	28	28
Faktor Koreksi Gt, T1	0,9963	0,9963	0,9963
Berat pic + Tanah Kering (gr)	54,90	51,60	55,00
Berat pic + Aquades + Sampel Tanah (gr)	147,50	146,50	148,50
Temperatur, T2 (°)	29	29	29
Faktor Koreksi Gt, T2	0,9960	0,9960	0,9960
G_s (Specific Gravity)	2,24	2,38	2,31
G_s (Specific Gravity) rata rata	2,31		

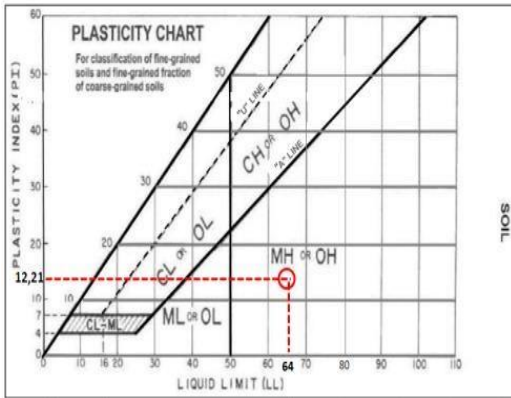
Uji Atterberg Limits

Pada uji klasifikasi dan karakteristik tanah asli di Desa Kalikayen memiliki nilai *Liquid Limit* (LL) sebesar 64%, nilai *Plasticity Limit* (PL) sebesar 51,79%, nilai *Shrinkage Limit* (SL) sebesar 37,01% dan nilai Indeks Plastisitas sebesar 12,21%.



Gambar 4.1 Grafik Uji Batas Cair Tanah Desa Kalikayen

Tanah asli dari Desa Kalikayen merupakan tanah dengan sifat plastisitas rendah karena memiliki $IP \leq 15\%$ menurut Chen, sedangkan menurut Seed, dkk, tanah tersebut juga tergolong memiliki potensi pengembangan yang rendah dengan hasil 0,97%.



Gambar 4.2. Klasifikasi Tanah Desa Kalikayen Metode USCS

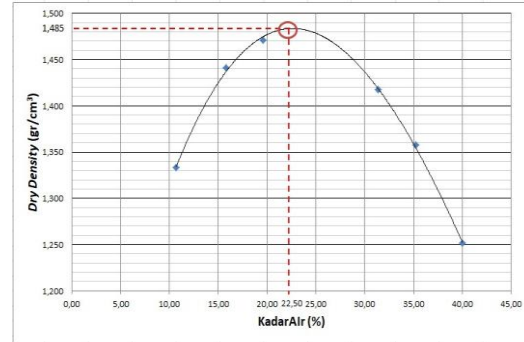
Menurut klasifikasi USCS tanah di Desa Kalikayen digolongkan klasifikasi MH yaitu lanau tak organik dengan plastisitas yang rendah, berikut ini adalah grafik klasifikasi sampel uji tanah asli menurut USCS beserta nilai batas cair dan indeks plastisitas yang sudah didapat dari pengujian Atterberg Limits.

Tabel 4.3 Pengujian Sifat Fisis Tanah di Desa Kalikayen

Jenis Pengujian	Parameter	Nilai Hasil Pengujian Tanah Desa Kalikayen
Kadar Air Asli	Kadar air rata-rata %	37,80%
Potensi Pengembangan	(S)	0,97%
Berat Jenis Spesifik	(Gs)	2,31
Uji Analisis Hidrometer dan Sarangan	Gravel	0
	Coarse to Medium Sand	2
	Fine Sand	60
	Silt	31
	Clay	0
	D ₁₀	0,00163
	D ₃₀	0,00844
Uji Batas-Batas Atterberg	D ₆₀	0,05958
	C _u	36,552
	C _c	0,753
	Batas Cair (LL)	51,79%
Klasifikasi Tanah	Batas Plastis (PL)	64%
	Batas Susut (SL)	37,01
	Indeks Plastisitas (IP)	12,21%
	USCS	MH (Lanau Tak Organik)

Uji Pemadatan/Kompaksi

Nilai kadar air optimum pada tanah di Desa Kalikayen yang diteliti didapatkan sebesar 22,5% dan 1,485 gr/cm³ untuk hasil berat volume kering maksimum (*maximum dry density*) tanahnya.



Gambar 4.3 Grafik Uji Kompaksi Tanah Desa Kalikayen

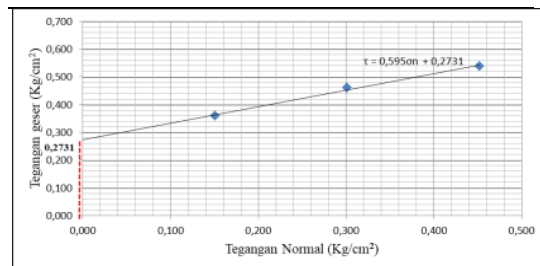
Uji Sandcone

Dalam pengujian Sandcone ini sendiri dilakukan untuk memperoleh nilai *Degree of Compaction*, D (%) di lapangan atau tanah asli di Desa Kalikayen yaitu sebesar 31,56%.

Uji Direct Shear

Tabel 4.4 Hasil Tegangan Normal (σ) dan Tegangan Geser (τ)

Beban (kg)	Tegangan Normal (kg/cm ²)	Tegangan Geser Max (kg/cm ²)
5	0,151	0,410
10	0,301	0,486
15	0,452	0,589



Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Antara Tegangan Normal dan Tegangan Geser

Tanah di Desa Kalikayen memiliki nilai kohesi (C_u) sebesar 31,58 Kg/cm² dengan tanah tersebut memiliki tekstur lembut dan karakteristiknya dapat dibentuk oleh tekanan jari yang ringan. Sudut geser (ϕ) dalam percobaan dengan tanah Desa Kalikayen mendapat nilai sebesar 31°, tanah tersebut tergolong dalam tanah campuran

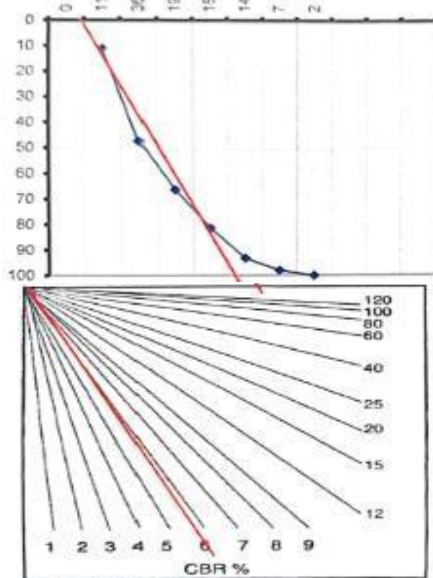
pasir dengan tanah liat yang termasuk dalam kelas SC.

Uji Dinamic Cone Penetrometer

Pengujian DCP ini dimaksudkan untuk menentukan nilai kepadatan tanah. Perhitungan dan hasil uji DCP pada tanah di Desa Kalikayen dapat diperlihatkan pada Tabel 4.5 dan Gambar 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Uji DCP Tanah di Desa Kalikayen

No	Depth	Penetration
	D (cm)	ΔD (cm)
1	-	0
2	11	11
3	47	36
4	66	19
5	81	15
6	93	14
7	98	7
8	100	2



Gambar 4.5 Grafik Pengujian DCP Pada Tanah Desa Kalikayen

Melihat Gambar 4.5 diatas, nilai CBR yang diperoleh dari hasil uji DCP sebesar 5,8% mempunyai jenis tanah dengan kepadatan “*poor*” atau buruk.

Uji Loading Test

Pengujian Loading Test ini menggunakan alat CBR (*California Bearing Ratio*) dengan memberikan dua beban yang berbeda juga dengan memberikan variasi kadar air yang berbeda pula dan beban tersebut nantinya akan dikalikan dengan kalibrasi dial nya.

Tabel 4.6 Data Penurunan Menggunakan Alat Bantu CBR

Kadar Air (%) = 9,77		
Uji	Bacaan Dial (div)	Penurunan (cm)
I	45	1,1
	80	1,1
II	48	0,8
	90	0,5
III	46	0,4
	89	0,7
IV	45	0,5
	80	0,6

Kadar Air (%) = 18,40		
Uji	Bacaan Dial (div)	Penurunan (cm)
I	49	0,1
	86	0,6
II	48	0,2
	84	0,8
III	47	0,2
	85	0,7
IV	48	0,1
	86	0,6

Kadar Air (%) = 34,27		
Uji	Bacaan <i>Dial</i>	Penurunan
	(div)	(cm)
I	44	0,8
	88	1
II	45	1
	89	1,2
III	46	1
	89	1,1
IV	45	0,9
	100	1

Kadar Air (%) = 41,49		
Uji	Bacaan <i>Dial</i>	Penurunan
	(div)	(cm)
I	45	1,7
	89	2,2
II	48	1,8
	90	2
III	47	1,9
	89	2,1
IV	46	2
	90	2,2

Kadar Air (%) = 46,29		
Uji	Bacaan <i>Dial</i>	Penurunan
	(div)	(cm)
I	46	1,7
	90	2,3
II	47	1,9
	88	2,1
III	47	2
	90	2,2
IV	47	2,1
	90	2,3

Kadar Air (%) = 54,46		
Uji	Bacaan <i>Dial</i>	Penurunan
	(div)	(cm)
I	20	2,9

Kadar Air (%) = 54,46		
Uji	Bacaan <i>Dial</i>	Penurunan
	(div)	(cm)
II	30	3
	21	2,8
III	30	2,9
	20	2,7
IV	31	2,8
	21	2,8
	30	2,9

Pada awalnya pembebanan diberikan sampai bacaan dial mencapai 50 div dan 100 div akan tetapi dalam Tabel 4.6 terdapat bacaan dial (div) yang berbeda beda, hal tersebut terjadi karena adanya lendutan balik (*rebound deflection*).

Pada penelitian ini beban yang diberikan menggunakan dua beban yang berbeda, yaitu sampai pembacaan dial CBR mencapai 50 div (206,39 kg) dan 100 div (412,78 kg). Hasil data penurunan terhadap beban I dan beban II pada penelitian ini dapat diperlihatkan pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8.

Tabel 4.7 Data Penurunan Beban I

Kadar Air	Bacaan Dial	Beban CBR (kg)	Penurunan (cm)	Penurunan Segera (cm)
		209,39	0,700	0,03371
(%)	(div)			
9,77	50			
18,4	50	206,39	0,150	0,03371
34,27	50	206,39	0,925	0,03371
41,49	50	206,39	1,850	0,03371
46,29	50	206,39	1,925	0,03371
54,46	20	82,56	2,800	0,01348

Hasil data percobaan pembebanan pada penelitian ini yang terlampir pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8, terdapat perhitungan hasil penurunan segera. Penurunan segera pada penelitian ini digunakan sebagai pembandingan antara penurunan akibat beban yang kami lakukan di dalam wadah permodelan dengan rumus yang ada.

Tabel 4.8 Data Penurunan Beban II

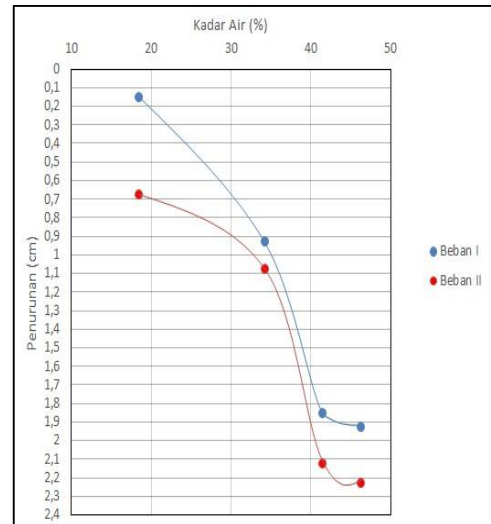
Kadar Air	Bacaan Dial	Beban CBR (kg)	Penurunan (cm)	Penurunan Segera (cm)
		412,78	0,725	0,06742
(%)	(div)			
9,77	100			
18,4	100	412,78	0,675	0,06742
34,27	100	412,78	1,075	0,06742
41,49	100	412,78	2,125	0,06742
46,29	100	412,78	2,225	0,06742
54,46	30	123,83	2,9	0,020226

Tahap selanjutnya adalah perhitungan rata-rata tiap penurunan yang terjadi di wadah permodelan, hal tersebut dilakukan untuk memperoleh nilai rata-rata tiap penurunan yang nantinya akan digunakan untuk pembuatan grafik perbandingan antara kadar air dan rata-rata penurunannya. Hasil rata-rata penurunan tiap kadar airnya dapat diperlihatkan pada Tabel 4.9,

Tabel 4.9 Hasil Rata Rata Penurunan

Kadar Air (%)	Penurunan (cm)	
	Beban I	Beban II
9,77	0,700	0,725
18,4	0,150	0,675
34,27	0,925	1,075
41,49	1,850	2,125
46,29	1,925	2,225
54,46	2,800	2,900

Setelah didapat hasil penurunan rata-rata tiap variasi kadar air, selanjutnya adalah membuat grafik perbandingan antara kadar air dan penurunannya. Hasil grafik antara kadar air dan penurunan fondasi dapat diperlihatkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Hasil Grafik Perbandingan Antara Kadar Air dengan Penurunan Fondasi

Daya Dukung Tanah

Perhitungan daya dukung tanah pada percobaan ini menggunakan rumus terzaghi, dengan terdapat perhitungan daya dukung ultimit saat tanah masih dapat menopang beban di atasnya tanpa mengalami keruntuhan dan pengaruh faktor bentuk fondasi terhadap daya dukung ultimit (q_u).

Tabel 4.10 Perhitungan Daya Dukung Tanah Faktor Beban dan Luas Fondasi

No	Bacaan Dial	Beban, P	Luas, A	Daya Dukung Ultimit α (tonf) ²
1	20	0,08256		8,2555
2	30	0,12383	0,01	12,3833
3	50	0,20639	0,01	20,6388
4	100	0,41278	0,01	41,2776

(m²)
0,01

(div) (tonf/m)

SIMPULAN

Hasil pengamatan selama penelitian yang telah dilakukan dilaboratorium terhadap tanah dari Desa Kalikayen, Kecamatan Ungaran Timur, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah dapat disimpulkan bahwa:

1. Dalam penelitian ini, sifat-sifat fisis pada sampel tanah didapat hasil sebagai berikut:

- a. Pengujian analisis prosentase butiran tanah dengan uji saringan dan hidrometer pada tanah di Desa Kalikayen digolongkan tanah yang bergradasi buruk dengan didominasi dengan jenis tanah berlanau (silt).
 - b. Pengujian batas-batas Atterberg, berdasarkan USCS, hasil pengujian klasifikasi dan karakteristik tanah di Desa Kalikayen digolongkan dalam klasifikasi MH yaitu lanau tak organik dengan potensi plastisitas pengembangannya yang rendah.
 - c. Pengujian kuat geser tanah di Desa Kalikayen memiliki tekstur lembut dan karakteristiknya dapat dibentuk oleh tekanan jari yang ringan dan tergolong dalam tanah campuran pasir dengan tanah liat yang termasuk dalam kelas SC.
 - d. Pengujian DCP pada tanah Desa Kalikayen termasuk ke dalam golongan jenis tanah dengan tingkat kepadatan yang buruk (poor).
2. Dalam pengujian loading test dengan variasi kadar air menggunakan sampel tanah di Desa Kalikayen didapat kesimpulan sebagai berikut:
 - a. Penurunan terjadi tiap penambahan kadar air, dalam penurunan tanahnya tidak terjadi pengembangan tanah dan penurunan yang terjadi dalam skala model termasuk penurunan yang sangat besar.
 - b. Rumus regresi matematis dari hasil grafik perbandingan antara kadar air dengan penurunan fondasi didapat $y = 0,0008x^2 + 0,0145x - 0,4177$ (Akibat Beban I) dan $y = 0,002x^2 - 0,0706x + 1,2616$ (Akibat Beban II), dengan
 - c. koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9602 (Akibat Beban I) Dan $R^2 = 0,9294$ (Akibat Beban II).

Terdapat faktor lain yang mempengaruhi hubungan antara kadar air dengan penurunan fondasi.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM. (2000): *Standard classification of soils for engineering purposes (Unified Soil Classification System)*. Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, PA.
- Bowles, J.E. (1989): *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Jakarta: Erlangga.
- Bowles, J.E. (1991): *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Jakarta: Erlangga.
- Chen, F.H. (1975): *Foundation on Expansive Soils*. Elsevier Scientific Publishing Company, New York.
- dalam Gunarso,A, dkk., 2017. Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Dengan Campuran Larutan NaOH 0,75%. *Jurnal Karya Teknik Sipil, Volume 6, Nomor 2, Tahun 2017, Halaman 238-245*.
- Das, B. M. (1995). *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik)*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Fardiansyah, A.H, dkk (2014): Pengaruh Variasi Penambahan Kadar Air Terhadap Tekanan Pengembangan Tanah Ekspansif Arah Vertikal. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil. Vol.1 No.2 2014*.
- Hardiyatmo, H.C. (2006). *Mekanika Tanah 1*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. (1992). *Mekanika Tanah 1*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Hardiyatmo, H. C. (1996). *Teknik Fondasi 1*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Pamungkas, A., & Harianti, E. (2013). *Desain Pondasi Tahan Gempa Sesuai SNI 03-1762-2002 dan SNI 03-2847-2002*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Pranoto. (1997): Faktor kegagalan konstruksi. dalam Kurniawan, Y.T., 2012. *Simulasi 1-D Banjir Akibat Keruntuhan Bendungan Alam (Studi Kasus Bencana Banjir Bandang di Sungai Kaliputih Kabupaten Jember tahun 2006)*. Thesis. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Seed, dkk (1962): *Prediction of Swelling Potential for Compacted Clays* dalam Rosmiyati A. Bella, 2015.

Identifikasi Kerusakan Konstruksi Akibat Potensi Pengembangan Tanah Lempung Ekspansid di Desa Oebelo. *Jurnal Teknik Sipil* Vol. IV, No. 2, September 2015.

SNI 6424-2008; Cara Uji Potensi Pengembangan atau Penurunan Satu Dimensi Tanah Kohesif.

Suherman. (2005): *Penanganan Tanah Ekspansif Untuk Konstruksi Jalan*. Puslitbang Prasarana Transportasi. Jakarta: Badan Penerbit Pekerjaan Umum.

Wardana, I. G. N., & Suryanegara, D. R. (2012). Analisis Penyebab Kerusakan Rumah Sederhana yang Didirikan di Atas Tanah Lempung di Daerah Kerobokan. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 16(2), 177–185.